

**PENGARUH PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP DEBIT  
PUNCAK SUB-DAS OPAK HULU TAHUN 2009 DAN 2014 MENGGUNAKAN CITRA  
LANDSAT 5 DAN LANDSAT 8**

Devian Arya Febryanto  
*devian.arya.f@mail.ugm.ac.id*

Nur Mohammad Farda, S.Si, M.Cs.  
*farda@geo.ugm.ac.id*

**Abstract**

Opak sub-watershed's interaction with the surrounding area led to regional development. That lead to changes in land use. The activity of Merapi Volcano in 2010 led to changes in land use in the upstream. Both of them indirectly affect the discharge.

The purpose of this study is to determine the effect of land use change on Opak sub-watershed peak flood discharge in 2009 and 2014. The land use change was derived from multispectral classification using Landsat 5 and 8 imagery. The peak flood discharges was calculated using Haspers method. Descriptive analysis was conducted to determine the effect of land use change on peak flood discharges. The results showed that area of 12,02 km<sup>2</sup> turned into built land in 2014. The open land in upstream in 2014 is 1,8 km<sup>2</sup> wider than in 2009. Land use change caused runoff coefficient alteration in amount of 0,01 and it insignificantly affected the discharge.

Keywords : Opak sub-watershed, Landsat 5, Landsat 7, land use change, peak flood discharge, runoff coefficient

**Abstract**

Interaksi sub-DAS Opak Hulu dengan daerah sekitar menyebabkan perkembangan daerah. Perkembangan daerah menimbulkan perubahan penggunaan lahan. Aktivitas gunung merapi tahun 2010 menyebabkan perubahan penggunaan lahan di hulunya. Keduanya secara tidak langsung mempengaruhi debit.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit puncak sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 dan 2014. Perubahan penggunaan lahan diperoleh dari klasifikasi multispektral menggunakan citra Landsat 5 dan Landsat 8. Debit dihitung menggunakan metode Haspers. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit sub-DAS Opak Hulu. Hasil penelitian menunjukkan lahan seluas 12,02 km<sup>2</sup> tahun 2009 berubah menjadi lahan terbangun pada tahun 2014. Lahan terbuka di hulu sub-DAS pada tahun 2014 lebih luas 1,8 km<sup>2</sup> daripada tahun 2009. Perubahan penggunaan lahan menyebabkan perubahankoefisien limpasan sebesar 0,01. Koefisien limpasan berpengaruh terhadap debit, namun tidak signifikan.

Kata kunci : sub-DAS Opak Hulu, Landsat 5, Landsat 8, perubahan penggunaan lahan, debit, koefisien limpasan permukaan



## **PENDAHULUAN**

Sub-DAS Opak hulu merupakan bagian dari DAS Opak-Oyo yang berada di Provinsi DIY. Sub-DAS tersebut terletak di tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Sleman, Bantul, dan Klaten. Kota Yogyakarta ditetapkan sebagai Pusat Kegiatan Nasional dalam Perda DIY nomor 2 tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kota tersebut yang mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang sangat cepat. Perkembangan kota tersebut berpengaruh terhadap daerah di sekitarnya sehingga mendorong perubahan penggunaan lahan daerah tersebut dan tentunya hal tersebut berpengaruh pula terhadap Sub-DAS Opak hulu.

Perubahan penggunaan lahan non-terbangun menjadi terbangun di sub-DAS Opak hulu terjadi karena pertumbuhan dan perkembangan daerah sebagai akibat dari interaksi dengan daerah-daerah di sekitarnya. Keberadaan Jalan Jogja-Solo membuat daerah yang dilalui jalan tersebut semakin berkembang sehingga mendorong perubahan penggunaan lahan.

Bagian atas sub-DAS Opak hulu merupakan daerah yang terpengaruh akibat erupsi Gunung Merapi. Erupsi gunung tersebut mematikan sebagian vegetasi sehingga daerah resapan pada bagian atas berkurang. Vegetasi pun semakin berkurang akibat erupsi dan secara tidak langsung hal tersebut berpengaruh terhadap debit.

Penggunaan lahan merupakan salah satu komponen DAS. DAS dipandang sebagai suatu ekosistem, sehingga ketika ada komponennya yang berubah maka keluaran DAS juga ikut berubah. DAS memiliki keluaran berupa debit aliran dan sedimen. Penggunaan lahan secara tidak langsung mempengaruhi debit aliran. Penggunaan lahan terlebih dahulu mempengaruhi limpasan permukaan. Penggunaan lahan berpengaruh terhadap peresapan air oleh tanah saat hujan terjadi. Limpasan permukaan tersebut kemudian berpengaruh terhadap debit aliran suatu DAS.

Penggunaan lahan merupakan salah satu hal yang sering diperhatikan dalam pengelolaan DAS bagian hulu. Bagian hulu DAS bersifat sebagai area resapan dan

kawasan lindung pada hulu sangat diperlukan. Penggunaan lahan merupakan aspek yang bersifat dinamis, selain curah hujan, yang mempengaruhi debit aliran. Penggunaan lahan yang tidak terkontrol pada DAS dapat mengakibatkan limpasan permukaan berlebih dan mengakibatkan banjir permukaan serta outlet tidak mampu lagi menampung air dari hulu.

Perubahan penggunaan lahan di sub-DAS Opak Hulu perlu diketahui dan bagaimana respon perubahan tersebut terhadap debit puncak sub-DAS Opak Hulu. Hal tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengelolaan sub-DAS Opak Hulu. Dari hal tersebut, diharapkan analisis perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak Hulu terhadap debit puncak dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengontrolan penggunaan lahan di daerah tersebut untuk menjaga keluaran sub-DAS yang berupa debit.

## **TUJUAN PENELITIAN**

1. Mengetahui perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak tahun 2009 dan 2014 menggunakan Landsat 5 dan Landsat 8.
2. Mengetahui debit puncak sub-DAS Opak pada tahun 2009 dan 2014 menggunakan metode Haspers.
3. Mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak terhadap debit puncaknya tahun 2009 dan 2014

## **METODE PENELITIAN**

### **Perubahan penggunaan lahan**

Perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak hulu tahun 2009 hingga 2014 diidentifikasi menggunakan citra Landsat 5 tahun 2009 dan Landsat 8 2014. Koreksi kedua citra tersebut perlu dilakukan terlebih dahulu agar citra benar-benar memberikan informasi yang akurat secara geometris dan radiometris karena citra yang dihasilkan secara langsung melalui proses perekaman satelit tidaklah bebas dari kesalahan.

Koreksi radiometri diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Projo,2012). Koreksi radiometri citra Landsat 5 TM dan

Landsat 8 berbeda. Berikut merupakan koreksi citra Landsat 5 TM dan Landsat 8 :

1. Koreksi radiometric citra Landsat 5

Konversi *digital number* menjadi *at-sensor radiance*

$$L_{\lambda} = \text{gain} \times \text{DN} + \text{offset} \quad \text{atau}$$

dimana :

$L_{\lambda}$  = nilai spectral radiance at sensor

Gain = rescaled gain

Offset = rescaled bias

Konversi *at-sensor radiance* menjadi *at-sensor reflectance*

$$\rho_p = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s}$$

dimana :

$\rho_p$  = unitless planetary reflectance

$L_{\lambda}$  = spectral radian pada aperture sensor

d = jarak bumi-matahari pada buku kelautan

$ESUN_{\lambda}$  = rata radian exoatmospheric solar

$\theta_s$  = sudut puncak matahari

2. Koreksi radiometrik Landsat 8

Konversi *digital number* menjadi *top of atmosphere reflectance*

$$\rho_{\lambda} = (M_p Q_{cal} + A_p) / \sin \theta_{SE}$$

dimana :

$M_p$  = band-specific multiplicative rescaling factor from metadata

$Q_{cal}$  = kuantisasi dan kalibrasi produk standar DN

$A_p$  = band-specific additive rescaling factor from metadata

$\theta_{SE}$  = sudut ketinggian matahari

Citra Landsat 5 TM dan Landsat 8 yang terkoreksi dilakukan klasifikasi penggunaan lahan. Klasifikasi yang digunakan yaitu klasifikasi terselia *maximum likelihood*. Algoritma klasifikasi *maximum likelihood* menggunakan dasar perhitungan probabilitas dengan asumsi bahwa objek homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal. Perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak Hulu tahun 2009-2014 diperoleh dari hasil *overlay* hasil klasifikasi multispektral penggunaan lahan tahun 2009 dan 2014.

Sampel diperlukan dalam klasifikasi multispektral. Sampel harus bersifat homogen yang ditunjukkan oleh homogenitas nilai piksel pada tiap kelompok piksel yang dipilih. Jumlah piksel sampel minimum,

menurut Campbell, adalah 100 piksel untuk setiap kategori. Joyce (1978, dalam Projo, 2012) mensyaratkan bahwa setiap daerah contoh yang berbeda setidaknya harus memuat luasan area 10 hektar dan sebaiknya mencapai 16 hektar untuk citra Landsat MSS, atau setara dengan 10-40 piksel per daerah contoh. Campbell (2002, dalam Projo, 2012) menyatakan bahwa pemilihan sampel lebih berpengaruh terhadap akurasi hasil klasifikasi daripada pemilihan algoritma klasifikasi itu sendiri

### Debit sub-DAS Opak Hulu

Di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa, mengenai keadaan hujan untuk menentukan debit puncak banjir pada akhir abad 19 hingga awal abad 20 telah dilakukan pengamatan oleh Ir. A.P. Melchior, Dr.J. Boerema, Ir.F.H. Van Kooten, Ir.J.P. der Weduwen. Rumus Pascher digunakan sebagai dasar untuk menentukan debit puncak yang didasarkan juga pada rumus rasional sebagai berikut :

$$Q = C \cdot \beta \cdot R \cdot A$$

dimana :

Q = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/detik)

A = luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)

C = koefisien limpasan permukaan

$\beta$  = angka reduksi

R = hujan terpusat maksimum (m<sup>3</sup>/detik/km<sup>2</sup>)

Haspers menetapkan angka reduksi yang bergantung pada lama waktu konsentrasi, yaitu sebagai berikut :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{T_c + 3,7 \times 10^{-4} T_c}{T_c^2 + 15} \times \frac{F^{0,75}}{12}$$

dimana :

$\beta$  = angka reduksi

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam)

F = luas (km<sup>2</sup>)

Waktu konsentrasi ditetapkan sebagai berikut oleh Haspers :

$$t = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot S^{-3}$$

dimana :

t = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai utama (km)

S = kemiringan daerah aliran sungai

Hujan terpusat maksimum memiliki rumus yang berbeda-beda bergantung dari lamanya waktu konsentrasi. Haspers

menetapkan rumus hujan terpusat maksimum untuk  $T_c < 2$  jam,  $2 \text{ jam} < T_c < 19$  jam, dan  $19 \text{ jam} < T_c < 30$  hari. Ketiga rumus perhitungan tersebut hasilnya masih harus dibagi dengan 3,6t.

Hujan terpusat maksimum untuk  $T_c < 2$  jam :

$$R = \frac{T_c \times R_{24-\text{maks}}}{T_c + 1 - 0,0008(260 - R_{24-\text{maks}})(2 - T_c)^2}$$

Hujan terpusat maksimum untuk  $2 \text{ jam} < T_c < 19 \text{ jam}$  :

$$R = \frac{T_c \times R_{24-\text{maks}}}{T_c + 1}$$

Hujan terpusat maksimum untuk  $19 \text{ jam} < t < 30$  hari :

$$R = 0,707 R_{24-\text{maks}} \sqrt{T_c + 1}$$

dimana :

$R$  = hujan terpusat maksimum ( $\text{m}^3/\text{detik}/\text{km}^2$ )

$R_{24-\text{maks}}$  = hujan harian maksimum (mm)

$T_c$  = waktu konsentrasi

Nilai C dalam penelitian ini menggunakan nilai yang diperoleh dari metode cook sebagai masukan penggunaan lahan dalam perhitungan debit. Koefisien limpasan permukaan metode cook dihitung berdasarkan parameter kemiringan lereng, infiltrasi tanah, kerapatan aliran, dan penutup/penggunaan lahan yang dilakukan skoring.

Tabel 1. Klasifikasi Penggunaan Lahan Untuk Koefisien Limpasan

Karakteristik Tutupan Lahan	Kriteria	Skor
penutup lahan yang tidak efektif, gundul, atau sangat jarang	lahan terbuka, lahan terbangun	20
penutup lahan alami yang tidak begitu rapat	semak/belukar, ladang, sawah	15
tutupan cukup rapat hingga 50% berupa campuran rerumputan dan pepohonan hutan	Perkebunan, hutan kurang rapat	10
tutupan vegetasi sangat bagus, 90% area tertutup vegetasi pepohonan atau yang setara	hutan rapat	5

Sumber : Meijerink (1970)

Kemiringan lereng sub-DAS Opak Hulu diperoleh dari data DEM kontur. DEM tersebut diturunkan menjadi *slope* sebagai parameter koefisien limpasan permukaan metode Cook.

Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng Untuk Koefisien Limpasan

Kelas kemiringan	Skor
Relatif datar dengan rerata kemiringan $< 5\%$	10
Bergelombang dengan rerata kemiringan lereng $5-10\%$	20
Berbukit, dengan rerata kemiringan lereng $10-30\%$	30
Berbukit curam bergunung, medan berat, dengan rerata kemiringan lereng $> 30\%$	40

Sumber : Gunawan (1991)

Infiltrasi tanah sub-DAS Opak Hulu diperoleh melalui pendekatan bentuk lahan sub-DAS Opak Hulu. Bentuk lahan diinterpretasi melalui citra Landsat 5 dan kemudian ditentukan karakteristik infiltrasi setiap bentuk lahannya. Pendekatan melalui bentuk lahan dilakukan karena keterbatasan peta tanah yaitu peta tanah skala tinjau yang kurang detail untuk mengetahui karakteristik infiltrasi tanah di sub-DAS Opak Hulu

Tabel 3. Klasifikasi Infiltrasi Tanah Untuk Koefisien Limpasan

Klasifikasi Infiltrasi Tanah	Infiltrasi mm/jam	Skor
Sangat rendah	$< 2.5$	20
Rendah	$2.5 - 15$	15
Normal	$15 - 28$	10
Tinggi	$28 - 53$	5

Sumber : Meijerink (1970)

Parameter kerapatan aliran diperoleh melalui data DEM. Data DEM diturunkan menjadi *flow accumulation* dan *flow direction* sehingga diketahui alur aliran pada sub-DAS Opak Hulu. Kerapatan aliran diukur hingga orde sungai 3 yang mengacu pada pengordean Strahler. Kerapatan aliran merupakan jumlah panjang aliran dibagi dengan luas daerah tangkapan air hingga sungai orde 3 tersebut.

Tabel 4. Klasifikasi Kerapatan Aliran Untuk Koefisien Limpasan

Kerapatan Aliran (km/km <sup>2</sup> )	Klasifikasi menurut Linsley	Skor
>5	Pengatusan ekstrem, tidak ada genangan, lereng curam	20
2 – 5	Sistem dan pola aliran bagus, air mengalir lancar	15
1 – 2	Normal, aliran sungai ada, terdapat genangan namun $\leq 2\%$ dari total wilayah	10
<1	Drainase buruk, selalu tergenang	5

Sumber : Linsley (1959) dan Meijerink (1970)

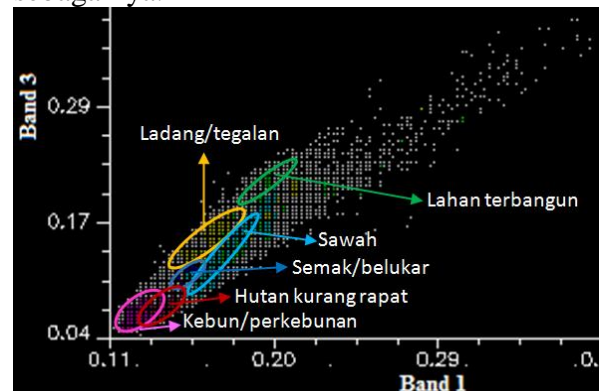
### Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit sub-DAS Opak Hulu

Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 dan 2014 terhadap debit puncak dilakukan dengan cara analisis deskriptif. Penggunaan lahan dan debit puncak sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 dibandingkan dengan tahun 2014, bagaimana perubahan penggunaan lahannya dan bagaimana pula respon debit yang terjadi terhadap perubahan penggunaan lahan tersebut. Penggunaan lahan secara tidak langsung berpengaruh terhadap debit puncak. Dari hasil membandingkan penggunaan lahan dan debit puncak tahun 2009 dan 2014 tersebut, kemudian diidentifikasi penggunaan lahan seperti apa yang berubah dan yang paling berpengaruh terhadap debit puncaknya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

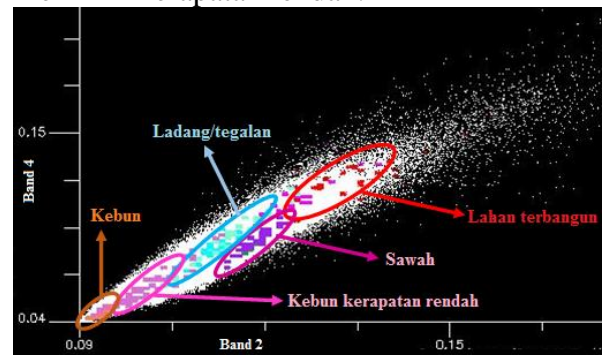
Gambar 1 menunjukkan *scatterplot* atau grafik sebaran ROI atau daerah contoh pada saluran 1 dan saluran 3 citra Landsat 5 sub-DAS Opak Hulu tahun 2009. Pada gambat tersebut terdapat sebaran ROI lahan terbangun, ladang/tegalan, sawah, semak/belukar, hutan kurang rapat, dan kebun/perkebunan. Klasifikasi multispektral *maximum likelihood* merupakan klasifikasi berdasarkan probabilitas berdasarkan gugus sampel, yaitu daerah contoh. Piksel akan

diklasifikasikan ke dalam penggunaan lahan sesuai dengan pusat gugus sampel yang paling dekat. Piksel yang paling dekat dengan gugus sampel lahan terbangun akan dikategorikan menjadi lahan terbangun dan sebagainya.



Gambar 1. *Scatterplot* ROI Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2009

Gambar 2 menunjukkan *scatterplot* daerah contoh pada saluran 2 dan saluran 4 yang digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan tahun 2014 menggunakan citra Landsat 8. Terdapat gugus sampel lahan terbangun, ladang/tegalan, kebun, dan sawah. Lahan terbangun memiliki nilai piksel yang lebih tinggi pada kedua saluran tersebut. Kebun memiliki nilai piksel yang lebih rendah daripada sawah karena vegetasi sawah memiliki kerapatan rendah.



Gambar 2. *Scatterplot* ROI Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2014

### Perubahan penggunaan lahan

Hutankurang rapat mengalami perubahan menjadi hutan rapat, perkebunan, lahan terbangun, dan lahan terbuka. Perubahan tersebut banyak terjadi pada lereng tengah hingga sebagian lereng bawah gunungapi. Perubahan menjadi perkebunan sebesar 16,19 km<sup>2</sup> dan lahan terbangun sebesar 3,86 km<sup>2</sup>. Perubahan menjadi lahan terbuka dan hutan rapat tidak lebih dari 0,82 km<sup>2</sup>. Hutan rapat



juga mengalami perubahan menjadi perkebunan, ladang/tegalan, lahan terbangun dan lahan terbuka, namun perubahannya sangat kecil sekali. Perubahannya menjadi perkebunan seluas 3,4 km<sup>2</sup> saja, sementara untuk perubahan lainnya kurang dari 0,6 km<sup>2</sup>. Perubahan menjadi lahan terbuka tersebut disebabkan oleh aktivitas erupsi Gunungapi Merapi pada tahun 2010 silam yang mengurangi tutupan vegetasi pada kerucut dan lereng atas gunung.

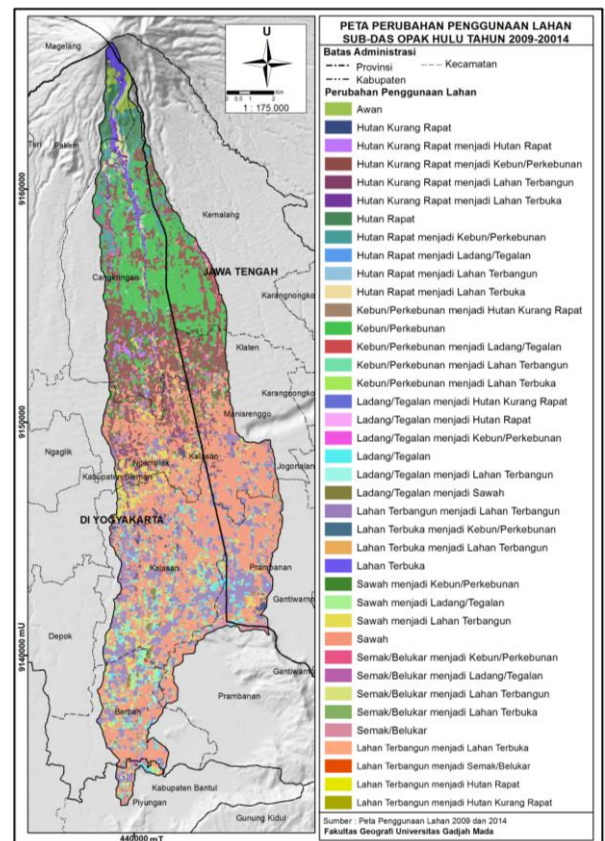
Perkebunan tidak mengalami perubahan penggunaan lahan yang cukup besar dari tahun 2009 hingga 2014. Jumlah perkebunan yang mengalami perubahan tidak lebih dari 1 km<sup>2</sup>. Perubahan tersebut yaitu menjadi ladang/tegalan, lahan terbangun, dan lahan terbuka. Selain perkebunan, perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada ladang/tegalan, lahan terbuka, dan semak belukar tidak terlalu tinggi. Perubahan ladang/tegalan menjadi lahan terbangun, sawah, dan perkebunan berturut-turut sebesar 0,97 km<sup>2</sup>, 2,06 km<sup>2</sup>, dan 0,27 km<sup>2</sup>. Lahan terbuka mengalami perubahan menjadi perkebunan dan lahan terbangun, namun sangat kecil perubahan yang terjadi, tidak lebih dari 0,03 km<sup>2</sup>. Perubahan yang terjadi pada semak/belukar seluas 3,53 km<sup>2</sup>, yaitu menjadi perkebunan dan lahan terbangun masing-masing 1,37 km<sup>2</sup>, menjadi ladang/tegalan 1,37 km<sup>2</sup>, dan menjadi lahan terbuka seluas 0,07 km<sup>2</sup>.

Sawah mengalami perubahan lahan seluas 5,86 km<sup>2</sup>. Perubahan yang terjadi yaitu sebagai lahan terbangun, ladang/tegalan, dan perkebunan. Perubahan menjadi lahan terbangun yaitu sebesar 5 km<sup>2</sup> dan sisanya merupakan ladang/tegalan dan perkebunan. Jika dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2009, perubahan sawah menjadi lahan terbangun lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya.

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi tidak terlalu banyak, kecuali untuk hutan kurang rapat yang sebagian besar menjadi perkebunan. Luas penggunaan lahan berupa perkebunan, ladang/tegalan, lahan terbuka, lahan terbangun, sawah, dan semak/belukar yang tidak mengalami perubahan berturut-turut sebesar 17,2 km<sup>2</sup>, 4,44 km<sup>2</sup>, 1,75 km<sup>2</sup>, 17,07 km<sup>2</sup>, 43,95 km<sup>2</sup>, dan 1,61 km<sup>2</sup>.

Perubahan lahan menjadi lahan terbangun pada tahun 2009 yaitu seluas 12,02 km<sup>2</sup>. Perubahan paling banyak terjadi pada lereng bawah hingga dataran kaki gunungapi. Sebanyak 5 km<sup>2</sup> sawah berubah menjadi lahan terbangun pada tahun 2014. Perubahan menjadi lahan terbangun terjadi pada sekitar jalan yang menghubungkan Kota Yogyakarta dengan Klaten serta di Kecamatan Kalasan yang berdekatan dengan jalan lingkar Kota Yogyakarta.

Perubahan penggunaan lahan juga disebabkan oleh aktivitas erupsi Gunungapi Merapi pada tahun 2010 lalu. Gunungapi tersebut mengeluarkan material erupsi yang sangat banyak. Tutupan vegetasi pada lereng atas gunungapi tersebut berkurang. Lahan terbuka di daerah tersebut semakin meningkat.



Gambar 3. Peta Perubahan Penggunaan Lahan Sub-DAS Opak Hulu 2009-2014

### Koefisien limpasan permukaan

Koefisien limpasan bagian atas sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 lebih tinggi daripada bagian tengah dan hulunya. Koefisien limpasan pada kerucut hingga lereng tengah sebesar 0,55 hingga 0,80. Sedangkan pada lereng bawah hingga outlet sub-DAS

memiliki koefisien limpasan 0,35 hingga 0,55.

Tingginya limpasan permukaan pada bagian atas sub-DAS Opak Hulu disebabkan oleh lereng dan penggunaan lahan. Pada daerah tersebut, kemiringan lereng lebih dari 30% dan lahan terbuka akibat erupsi Merapi tahun 2010 lalu. Karakteristik keduanya mendukung tingginya limpasan yang dapat terjadi. Tekstur tanah pada daerah tersebut berupa pasir kasar. Lereng merupakan aspek yang paling berpengaruh terhadap limpasan. Walaupun tanahnya bertekstur pasir kasar dan terdapat hutan, namun air yang jatuh di permukaan tidak akan bertahan lama untuk waktu penyerapan dan air akan lebih cepat mengalir ke bawah.

Koefisien limpasan pada lereng bawah antara 0,35-0,45 sedangkan pada kaki gunungapi hingga outlet sebesar 0,45-0,55. Sebagian besar lereng bawah berupa perkebunan dan cukup efektif untuk penyerapan air. Nilai koefisiennya pun lebih kecil daripada daerah lain. Pada daerah tersebut, koefisien limpasan 0,35-0,45 terletak pada lereng yang kurang dari 5%, sedangkan pada lereng 5-10% nilai koefisien limpasannya antara 0,45-0,55.

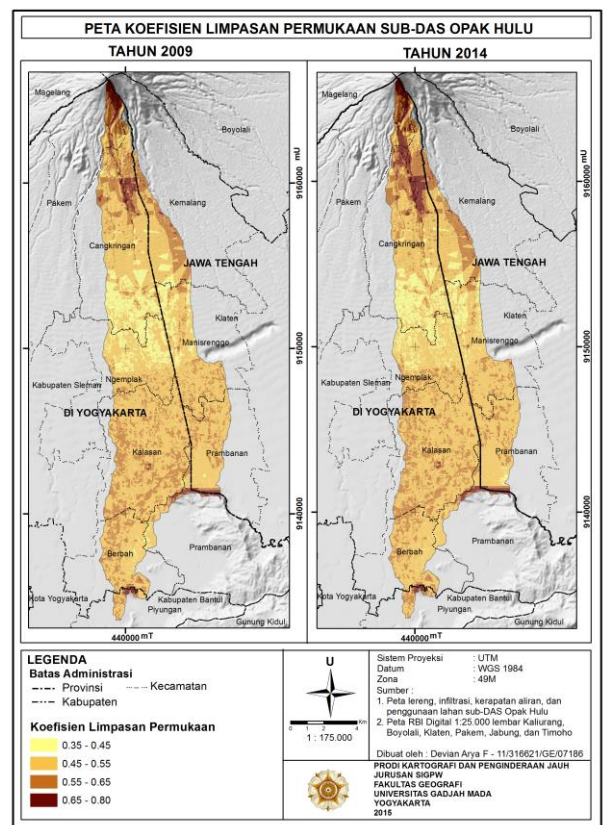
Kaki gunungapi hingga outlet memiliki koefisien limpasan sebesar 0,45 hingga 0,65. Daerah ini terdiri sebagian besar terdiri atas penggunaan lahan yang karakteristikutupannya tidak efektif berupa sawah dan lahan terbangun. Lahan terbangun memiliki koefisien limpasan yang lebih tinggi daripada persawahan karena permukaan tanah lebih banyak ditutup dan diperkeras sehingga area resapan air hujan semakin sedikit dan limpasan berpotensi meningkat. Pada penggunaan lahan terbangun, koefisien limpasan sebesar 0,55 hingga 0,65.

Nilai koefisien limpasan keseluruhan sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 sebesar 0,54. Berdasarkan klasifikasi limpasan permukaan metode Cook menurut Meijerink, nilai koefisien limpasan tersebut termasuk dalam kategori tinggi, yaitu antara 0,5 hingga 0,8.

Tahun 2014, koefisien limpasan pada bagian atas sub-DAS tersebut sebagian besar antara 0,55 hingga 0,80. Kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap besarnya koefisien limpasan tersebut pada daerah ini. Pada bagian lereng bawah, nilai koefisien

sebesar 0,35 - 0,55. Daerah yang memiliki lereng kurang dari 5% memiliki koefisien limpasan 0,45 hingga 0,55. Pada kaki gunungapi hingga outlet, koefisien limpasan berkisar antara 0,45 hingga 0,65. Lahan terbangun pada daerah ini memiliki koefisien limpasan yang lebih tinggi yaitu berkisar antara 0,55 hingga 0,65 daripada sawah yang sebesar 0,45 hingga 0,55.

Jika dibandingkan, koefisien limpasan sub-DAS Opak Hulu pada tahun 2009 dan 2014 tidak terlalu berbeda jauh. Sub-DAS Opak Hulu pada tahun 2014 memiliki koefisien limpasan rerata seluruh DAS sebesar 0,55, sedangkan pada tahun 2009 sebesar 0,54. Perbedaannya tersebut dikarenakan tiap jenis penggunaan lahan pada tahun 2009 dan 2014 memiliki luasan yang berbeda. Keduanya termasuk ke dalam kriteria koefisien limpasan yang tinggi berdasarkan klasifikasi koefisien limpasan metode Cook menurut Meijerink.



Gambar 4. Peta Koefisien Limpasan Sub-DAS Opak Hulu Tahun 2009 dan 2014

### Debit sub-DAS Opak Hulu

Debit sub-DAS Opak Hulu pada 14 Januari, 28 Januari, dan 31 Januari 2009 berturut-turut sebesar 65,25 m<sup>3</sup>/detik, 61,09 m<sup>3</sup>/detik, dan 86,36 m<sup>3</sup>/detik. Hujan terpusat



maksimum pada 31 Januari lebih tinggi daripada tanggal 14 dan 28 Januari. Sedangkan pada 21 dan 29 Januari 2014, debit sub-DAS sebesar 85,01 m<sup>3</sup>/detik dan 77,60 m<sup>3</sup>/detik. Besarnya debit pada 22 Februari 2014 lebih tinggi daripada 5 debit yang dihitung yaitu sebesar 118,94 m<sup>3</sup>/detik. Curah hujan yang terjadi pada 22 Februari 2014 sebesar 40 mm dan lebih tinggi daripada yang lain.

Tabel 5. Tabel Hujan Terpusat Maksimum Sub-DAS Opak Hulu

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Debit m <sup>3</sup> /detik
14 Januari 2009	22.4	65.25
28 Januari 2009	20.9	61.09
31 Januari 2009	29.6	86.36
21 Januari 2014	28.6	85.01
29 Januari 2014	26.1	77.60
22 Februari 2014	40.0	118.94

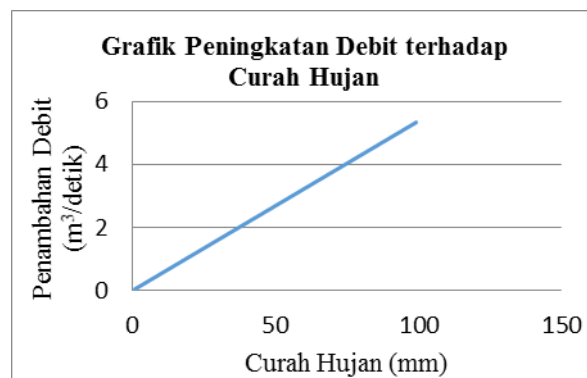
Sumber : Pengolahan data curah hujan harian sub-DAS Opak Hulu

### Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit

Terdapat perubahan penggunaan lahan yang dapat memperkecil limpasan permukaan. Perubahan penggunaan lahan tersebut yaitu semak/belukar, tegalan, dan sawah menjadi perkebunan seluas 3,35 km<sup>2</sup>. Jumlah tersebut tidak berpengaruh signifikan dalam memperkecil koefisien sub-DAS Opak Hulu.

Perubahan lahan menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka berpotensi meningkatkan limpasan permukaan. Dalam klasifikasi metode Cook, keduanya bersifat tidak efektif dalam menurunkan limpasan dan menjadi satu kriteria. Pada lahan terbangun, permukaan tanah lebih banyak tertutup dan diperkeras, area resapan pun semakin kecil. Sedangkan pada lahan terbuka, tidak terdapat tutupan yang bersifat membantu penyerapan air. Jika pada lereng yang tinggi dengan penggunaan lahan terbuka, limpasan menjadi tinggi karena air akan lebih cepat mengalir ke permukaan yang lebih rendah sehingga proses air terserap ke dalam tanah lebih singkat. Perubahan lahan menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka dari tahun 2009 hingga 2014 menyebabkan perbedaan koefisien limpasan permukaan sebesar 0,01.

Gambar 5 menunjukkan besarnya peningkatan debit terhadap curah hujan dengan perubahan koefisien limpasan sebesar 0,01 dari tahun 2009 hingga 2014. Semakin tinggi curah hujan maka peningkatan debit juga semakin tinggi.



Gambar 5. Grafik Peningkatan Debit Tahun 2014 dari Debit Tahun 2009

Semakin besar kemiringan lereng, air lebih cepat mengalir menuju outlet sehingga debit semakin besar. Tanah yang memiliki kelembaban tinggi dan tekstur yang liat lebih lama menyerap air hujan pada permukaan dan limpasan permukaan pun meningkat. Lahan bervegetasi lebat akan menyimpan sebagian air hujan pada daun dan batang yang disebut sebagai simpanan intesepsi dan air yang jatuh ke tanah akan terserap.

Koefisien limpasan permukaan tahun 2014 lebih besar 0,01 dari tahun 2009. Hasil perhitungan debit tiga tanggal pengukuran pada tahun 2014 rata-rata lebih tinggi daripada debit yang dihitung pada tahun 2009. Peningkatan tersebut karena curah hujan pada pengukuran tahun 2014 lebih tinggi daripada tahun 2009. Debit sub-DAS Opak Hulu tahun 2014 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan debit pada curah hujan yang sama dimana koefisien limpasan sebesar 0,54. Berdasarkan hal tersebut, pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit tidak terlalu signifikan.

### KESIMPULAN

1. Terjadi perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 hingga 2014. Semak/belukar, sawah, ladang/tegalan, lahan terbuka, perkebunan, dan hutan, sebanyak 12,02 km<sup>2</sup> mengalami perubahan menjadi lahan terbangun. Lahan terbuka pada lereng atas

Gunungapi Merapi lebih luas 1,8 km<sup>2</sup> pada tahun 2014 daripada tahun 2009. Hutan rapat berubah menjadi kebun/perkebunan dan ladang/tegalan serta lahan terbuka berturut-turut sebesar 3,4 km<sup>2</sup>, 0,03 km<sup>2</sup>, dan 0,63 km<sup>2</sup>. Penggunaan lahan lain mengalami perubahan dengan luasan yang kecil.

2. Debit sub-DAS Opak Hulu pada tanggal 14, 28, dan 31 Januari tahun 2009 berturut-turut sebesar 65,25 m<sup>3</sup>/detik, 61,09 m<sup>3</sup>/detik, dan 86,36 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan pada 21 Januari, 29 Januari, dan 22 Februari tahun 2014 berturut-turut sebesar 85,01 m<sup>3</sup>/detik, 77,60 m<sup>3</sup>/detik, dan 118,94 m<sup>3</sup>/detik.
3. Pengaruh perubahan penggunaan lahan sub-DAS Opak Hulu tahun 2009 hingga 2014 tidak terlalu signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chander, Gyanesh, dkk. 2007. *Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Darmanto, Darmokusumo dan Sudarmadji. 1997. Dampak Hidrologis Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Utara Yogyakarta. *Manusia dan Lingkungan*. IV. hal 25-40.
- Gunawan, Totok. 1991. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Fisik DAS (Studi Kasus di DAS Bengawan Solo). *Desertasi*. Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Hadisusanto, Nugroho. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Jogja Mediautama.
- Meijerink, A.M.J. 1970. Photo Interpretation in Hydrology. A Geomorphological Approach. ITC. Delf.
- Murwibowo, P, dan Totok Gunawan. 2013. *Aplikasi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis untuk Mengkaji Perubahan Koefisien Limpasan Permukaan Akibat Letusan Gunung Merapi Tahun 2010 Di Sub Das Gendol Yogyakarta*. *Jurnal Bumi Indonesia*. 2(1). <<http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/index>> (diakses 28 Oktober 2015).
- Raharjo, Puguh Dwi. 2009. Perubahan Penggunaan lahan DAS Kreo Terhadap Debit Puncak dengan Aplikasi Penginderaan Jauh. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 19(2). hal 69-84.
- Rahman, Abdur. 2013. Model Sistem Informasi Geografis untuk Estimasi Koefisien Aliran dan Hubungannya dengan Tutupan Lahan Di DAS Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Bumi Lestari*. 13(1). hal 1-8.
- Sanimin. 2001. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Hutan Di Sub Daerah Aliran Sungai Setail Hulu Terhadap Persediaan Air Irigasi Pengairan Genteng Banyuwangi Jawa Timur. *Tesis*. Program Studi Geografi dan Program Pascasarjana UGM. Yogyakarta.
- Seyhan. 1990. *Prinsip Dasar dan Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian UGM.
- Seyhan, E, dan Subagyo. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soewarno. 1995. Model Perkiraan Debit Banjir pada Sungai di Jawa. *Majalah Geografi Indonesia*. 8-9(14-15). hal 29-45.
- Sudaryatno. 2000. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Garang Semarang, Jawa Tengah. *Tesis*. Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- USGS. *Using the USGS Landsat 8 Product*. [http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php). Diakses pada 20 Januari 2015.